

‘사고 과정을 담은’ 여러 가지 유전 기출 모음집 해설지

- 경우에 따라서는 여러분의 풀이 또는 답지의 풀이가 더 우수할 수 있으나, 여러 가지 풀이를 보고 익히는 것, 그리고 제 풀이에서 문제 풀이 논리의 일부를 체화하는 것만으로도 도움이 되기에, 가능하면 꼼꼼히 살펴보고 많은 것을 배워 가셨으면 좋겠습니다.
- 만약 본인의 풀이가 더 괜찮은 것 같다고 생각되는 경우, 혹은 본인의 풀이도 괜찮은지 궁금한 경우 등은 제게 피드백을 부탁하면 꼼꼼히 해 드리겠습니다.
- 문제의 조건을 반드시 숙지한 후 해설을 보세요. 문제 조건을 정확히 숙지했다는 전제 하에 해설을 씁니다.

3. 여러 가지 유전 <독립> - ③ 일반 유전	1번			
	5/8			
	2번			
	L C			

3. 여러 가지 유전 <독립> - ⑤ 복대립 유전	1번	2번		
	L C	L		
	3번	4번	5번	6번
	7	3/16	L C	1/16

3. 여러 가지 유전 <독립> - ⑥ 다인자 유전	1번	2번	3번	4번
	7 L C	L C	7	7 L
	5번	6번	7번	
	L	7	10	

4. 여러 가지 유전 <연관> - ② 단일 인자 유전의 연관	1번	2번	3번	
	3/8	7 C	3/4	

4. 여러 가지 유전 <연관> - ③ 다인자 유전의 연관	1번	2번	3번	4번
	1/4	7 L C	7 C	1/8
	5번	6번		
	1/4	7		

4. 여러 가지 유전 <연관> - ④ 단일 인자 유전과 다인자 유전의 연관	1번	2번		
	7	1/4		
	3번	4번	5번	6번
	7	1/4	6	1/8

3. 여러 가지 유전 <독립> - ③ 일반 유전

[Part 1]

1. 2020학년도 수능 12번 (답: 5/8)

① (가)~(다) 중 2가지 형질은 완전 우성 유전이고, 1가지 형질은 중간 유전이다. 완전 우성 유전이란 중간 유전이든, 임의의 교배 결과로 나타날 수 있는 자손의 표현형은 4가지가 될 수 없다. 따라서 ③에게서 나타날 수 있는 표현형이 8가지가 되려면, ③에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형, (나)의 표현형, (다)의 표현형이 모두 각각 2가지여야 한다.

② 그런데 ③의 부모가 Bb와 BB여서, (나)가 완전 우성 유전이라면 ③에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형이 1가지가 되므로, (나)가 중간 유전이다. 자동으로 (가)와 (다)는 완전 우성 유전이 된다.

③ ①의 표현형은 A_, Bb, D_이다. (가)에 대해서 ③의 표현형이 A_일 확률은 3/4이고, aa일 확률은 1/4이다. (나)에 대해서 ③의 표현형이 Bb일 확률은 1/2이고, Bb가 아닐 확률도 1/2이다. (다)에 대해서 ③의 표현형이 D_일 확률은 1/2이고, dd일 확률도 1/2이다. 따라서 ③이 ①과 적어도 2가지 형질에 대한 표현형이 같을 확률은, 3가지 형질에 대한 표현형이 모두 같을 확률인 $3/4 \times 1/2 \times 1/2$, (가)만 다를 확률인 $1/4 \times 1/2 \times 1/2$, (나)만 다를 확률인 $3/4 \times 1/2 \times 1/2$, (다)만 다를 확률인 $3/4 \times 1/2 \times 1/2$ 을 모두 더한 5/8이다.

[Part 2]

2. 2019학년도 6월 평가원 모의고사 19번 (답: L C)

① ①과 aabbDD를 교배하면 자손은 D/d에 대해 무조건 우성이다. 이때 흰색과 자주색이 1:1로 나왔다는 것은, 자손에서 A/a와 B/b 중 하나는 무조건 우성이고, 하나는 1/2 확률로 우성이 나온다는 것이다. 따라서 ①의 A/a와 B/b에 대한 유전자형은 AABb 또는 AaBB이다.

② ①과 aaBBdd를 교배하면 자손은 B/b에 대해 무조건 우성이다. 이때 흰색과 자주색이 3:1로 나왔다는 것은, 자손에서 A/a와 D/d 모두 1/2 확률로 우성이 나온다는 것이다. 따라서 ①의 A/a와 D/d에 대한 유전자형은 AaDd이다. 따라서 ①의 유전자형은 AaBBDD이다.

가. ①의 유전자형은 AaBBDD이다. (x)

나. ③은 ①(AaBBDD)과 aaBBdd를 교배해서 나올 수 있는 자손 중 표현형이 A_B_D_가 아닌 자손이기 때문에, 유전자형이 AaBBdd, aaBBDD, aaBBdd 중 하나이다. 따라서 이들로부터 나올 수 있는 생식 세포의 유전자형은 ABd, aBD, aBd의 3가지이다. (○)

다. ③은 ①(AaBBDD)과 aaBBdd를 교배해서 나올 수 있는 자손 중 표현형이 A_B_D_인 자손이기 때문에, 유전자형이 AaBBDD이다. AaBBDD와 aabbdd를 교배해서 중자 겹질 색이 자주색인 자손이 나올 확률은 1/4이다. (○)

3. 여러 가지 유전 <독립> - ⑤ 복대립 유전

[Part 1]

1. 2020학년도 6월 평가원 모의고사 15번 (답: L C)

① AD와 BD의 몸 색이 같으므로, D > A 이고 D > B 이다. 또한 BB의 표현형은 B인데 BE와 표현형이 달라야 하므로 E > B 이고, BE의 표현형은 E가 되는데 AE와 표현형이 달라야 하므로 A > E 이다. 이를 종합하면 몸 색 유전자의 우열 관계는 D > A > E > B 이다.

② 회색과 검은색을 교배해서 검은색 : 붉은색 = 1:1이 나왔으므로 검은색 > 붉은색 > 회색 이다. 또한 갈색과 붉은색을 교배해서 붉은색 : 회색 : 갈색 = 2:1:1이 나왔으므로 붉은색 > 갈색 > 회색 이다. 이를 종합하면 몸 색의 우열 관계는 검은색 > 붉은색 > 갈색 > 회색 이다. 즉 D는 검은색 몸 유전자, A는 붉은색 몸 유전자, E는 갈색 몸 유전자, B는 회색 몸 유전자이다.

가. ①(BB)의 표현형은 B이므로 몸 색은 회색이다. (x)

나. ㉠과 갈색인 개체를 교배해서 자손에 회색인 개체, 즉 BB가 나왔으므로 ㉠도 B를 가져야 한다. 따라서 ㉠의 유전자형은 AB이다. (○)

다. ㉠과 교배한 갈색인 개체는 B를 가지므로 유전자형이 EB이다. 따라서 ㉡는 AE일 확률이 1/2, AB일 확률이 1/2이다. ㉡가 AE일 때 자손이 붉은색 몸을 가질 확률은 $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ 로 1/8이고, ㉡가 AB일 때 자손이 붉은색 몸을 가질 확률 역시 $1/2 \times 1/2 \times 1/2$ 로 1/8이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 더한 1/4이다. (○)

2. 2021년 3월 교육청 모의고사 17번 (답: L)

- ① BC(아버지)와 AB(어머니) 사이에서 나올 수 있는 자손은 BA, BB, CA, CBO이다. 이 중 3가지가 아버지와 표현형이 같아야 하므로, A, B, C 중에서 B가 가장 우성이다.
- ② AB와 AC 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형이 3가지라는 것은, 자손의 표현형으로 (가)의 가장 열성인 표현형이 나올 수 있다는 뜻이다. 가장 열성인 표현형은 동형 접합이므로, A, B, C 중에서 A가 가장 열성이다. 종합하면, (가)의 우열 관계는 $B > C > A$ 이다.

가. (가)는 복대립 유전 형질이다. (x)

L. B는 A에 대해 완전 우성이다. (O)

C. AB(아버지)와 AC(어머니) 사이에서 표현형이 어머니와 같은 C인 자손이 나올 확률은 아버지가 A를 물려주고, 어머니가 C를 물려줄 확률과 같은 1/4이다. (x)

[Part 2]

3. 2020학년도 수능 13번 (답: 가)

- ① 종자 껍질 색 유전자 우열 관계는 $A > B = D > E$ 이다.
- ② 회색(BD)과 녹색의 교배에서 나온 자주색 개체는 EE가 아니므로, 자주색은 가장 열성인 표현형이 아니다.
- ③ L의 표현형이 3종류이므로, 부모의 갈색은 이형 접합이어서, 갈색은 가장 열성인 표현형이 아니다. 따라서 녹색이 가장 열성인 표현형이다. 즉 (다)는 녹색이다.
- ④ 회색(BD)과 녹색(EE)의 교배에서 자주색과 황색이 나왔으므로, 표현형이 D이면 자주색이다. 즉 (나)는 자주색이다. 남은 갈색은 표현형이 A일 때의 종자 껍질 색이다. 즉 (가)는 갈색이다.

가. (가)는 갈색이다. (O)

L. ㉠은 BD와 EE를 교배한 결과 나오는 자손이므로 유전자형이 BB일 수 없다. (x)

C. L의 표현형은 3종류이므로, 부모는 모두 이형 접합이다. 또한 L 중에서 표현형이 회색, 즉 BD인 개체가 있으므로 부모의 유전자형은 BE와 AD이다. 따라서 ㉡의 개체는 1/2 확률로 AB, 1/2 확률로 AE이고, ㉢의 개체는 DE이므로 ㉡와 ㉢의 개체를 교배한 자손의 종자 껍질 색이 황색(B)일 확률은 ㉡가 AB일 때 $1/2 \times 1/2 \times 1/2$, ㉡가 AE일 때 0이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 더한 1/8이다. (x)

4. 2021학년도 9월 평가원 모의고사 11번 (답: 3/16)

① AA*BB*DE인 아버지와 AA*BB*FG인 어머니 사이에서 태어난 아이에게서 나타날 수 있는 표현형이 12가지이다. (가)는 완전 우성 유전이고, (나)는 중간 유전이므로 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 각각 2가지, 3가지이다. 따라서 이 아이에게서 나타날 수 있는 (다)의 표현형, 즉 DE와 FG 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형은 2가지이다.

② AABB*DF인 아버지와 AA*BBDE인 어머니 사이에서 태어난 아이의 표현형이 어머니와 같을 확률은 3/8이다. 어머니의 (가)의 표현형은 A_, (나)의 표현형은 BB이므로 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 각각 1, 1/2이다. 따라서 이 아이의 (다)의 표현형이 어머니와 같을 확률, 즉 DF와 DE 사이에서 표현형이 DE와 같은 자손이 태어날 확률은 3/4이다.

③ DF와 DE 사이에서 나올 수 있는 자손은 DD, DE, FD, FE이다. 이 중에서 3가지가 DE와 표현형이 같아야 하므로, DD, DE, FD의 표현형은 모두 D로 같다. 즉, $D > E$ 이고, $D > F$ 이다.

④ DE와 FG 사이에서 나올 수 있는 자손은 DF, DG, EF, EG이다. $D > F$ 이므로, DF의 표현형은 D이다. 만약 DG의 표현형이 G라면, 표현형이 E 또는 F인 EF가 존재하기에 조건을 만족하지 않는다. 따라서 $D > G$ 이고, DG의 표현형은 D가 된다. 남은 EF와 EG는 표현형이 D가 될 수 없어서, 서로 표현형이 같아야 하므로, $E > F$ 이고, $E > G$ 이다. 따라서 (다)의 우열 관계는 $D > E > F > G$ 또는 $D > E > G > F$ 이다.

⑤ ㉠(AA*BB*DE)의 (가)의 표현형은 A_, (나)의 표현형은 BB*, (다)의 표현형은 D이다. 따라서 AA*BB*DF인 아버지와 AA*BB*EG인 어머니 사이에서 태어난 아이의 (가)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 3/4, (나)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 1/2, (다)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 1/2이다. 따라서 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 3/16이다.

5. 2021학년도 수능 13번 (답: L C)

- ① ㉠에서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 3가지이다. 그런데 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형과 (다)의 표현형은 모두 4가지일 수 없으므로, ㉠에서 나타날 수 있는 (가)와 (다) 각각의 표현형은 2가지이다. 또한 ㉠의 (나)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 1/2이므로, ㉠의 (가)와 (다)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 3/8이다.
- ② ㉡의 (가)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 1/2, (나)의 표현형이 어머니와 같을 확률도 1/2이므로 (다)의 표현형이 어머니와 같을 확률은 1/4이다. 즉, DE와 DF 사이에서 나올 수 있는 자손인 DD, DF, ED, EF 중에 DF(어머니의 (다)에 대한 유전자형)와 표현형이 같은 것은 단 1가지이다. 이때 DD의 표현형은 D이므로 DF의 표현형은 D일 수 없다. 따라서 F는 D에 대해서 우성이고, DF의 표현형은 F이다. 이때 DF의 표현형이 F이므로 EF의 표현형은 F일 수 없다. 따라서 E는 F에 대해서 우성이다. 즉 (다)의 우열 관계는 $E > F > D$ 이다.
- ③ (다)의 우열 관계가 $E > F > D$ 이므로 ㉠의 (다)의 표현형이 아버지와 같은 F일 확률은 1/2이다. 그러면 ㉠의 (가)의 표현형이 아버지와 같을 확률은 3/4이 되어야 하므로, ㉠의 아버지와 어머니의 (가)에 대한 유전자형은 모두 AA*이다.

ㄱ. E가 D에 대해 완전 우성이다. (x)

ㄴ. ㉠의 부모의 (가)에 대한 유전자형이 모두 AA*이므로 ㉠이 가질 수 있는 (가)의 유전자형은 AA, AA*, A*A*의 3가지이다. (○)

ㄷ. ㉡의 아버지(AA*BBDE)와 표현형이 같을 확률은 (가)에서 1/2, (나)에서 1/2, (다)에서 1/2이므로 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 1/8이다. (○)

6. 2023학년도 9월 평가원 모의고사 17번 (답: 1/16)

* E*는 e로, F*는 f로 표기함.

- ① ㉠의 우열 관계는 $A = B > D$, ㉡의 우열 관계는 $E = e$, ㉢의 우열 관계는 $F > f$ 이다. 이를 고려하면 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수인 12는 $4 \times 3 \times 1$ 또는 $3 \times 2 \times 2$ 로 분해된다.
- ② 12가 $4 \times 3 \times 1$ 로 분해된다면, ㉠의 부모 중 1명은 AD, Ee이고, 나머지 1명은 BD, Ee여야 한다. 하지만 I~IV 중에서 AD, Ee인 사람이 없으므로, 12는 $3 \times 2 \times 2$ 로 분해되어야 한다.
- ③ 12가 $3 \times 2 \times 2$ 로 분해되므로 ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉢의 표현형은 최대 2가지인데, II와 III은 모두 FF이므로 ㉠의 부모가 될 수 없다. 따라서 I과 IV가 ㉠의 부모이다.
- ④ I은 AB, EE, Ff이고, IV는 BD, Ee, ff이다. 따라서 ㉠의 ㉠의 표현형이 I과 같은 AB일 확률은 1/4, ㉡의 표현형이 I과 같은 EE일 확률은 1/2, ㉢의 표현형이 I과 같은 F_일 확률은 1/2이다. 즉 구하는 확률은 세 확률을 모두 곱한 1/16이다.

3. 여러 가지 유전 <독립> - ⑥ 다인자 유전

[Part 1]

1. 2020년 3월 교육청 모의고사 15번 (답: ㄱ L C)

① I(aabbDD)과 II 사이에서 AaBbDd가 태어날 수 있다면, II의 A/a에 대한 유전자형은 AA 또는 Aa, B/b에 대한 유전자형은 BB 또는 Bb, D/d에 대한 유전자형은 Dd 또는 dd여야 한다.

② II가 AA이면 자손이 Aa일 확률은 1이고, II가 Aa이면 자손이 Aa일 확률은 1/2이다. 같은 방법으로 B/b와 D/d에 대해서도 계산해보면, 자손이 AaBbDd일 확률이 1/8이 되기 위해서, II는 AaBbDd가 되어야만 한다.

ㄱ. I(aabbDD)의 표현형은 (2), II(AaBbDd)의 표현형은 (3)으로, I과 II의 피부색(표현형)은 서로 다르다. (○)

ㄴ. II(AaBbDd)에서 A, B, D가 모두 있는 생식 세포가 형성될 수 있다. (○)

ㄷ. I이 aabbDD, II가 AaBbDd이므로, ㉠의 표현형(피부색)이 I과 같은 (2)일 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$, 즉 3/8이다. (○)

2. 2020년 4월 교육청 모의고사 10번 (답: L C)

① ㉠과 ㉡의 (나)에 대한 유전자형에서 이형 접합만 총 6개이므로, ㉠과 ㉡ 사이에서 태어난 아이의 (나)의 표현형이 ㉢(EeFfGg)과 같은 (3)일 확률은 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$, 즉 5/16이다. 따라서 이 아이의 (가)의 표현형이 ㉠과 같을 확률은 1/4이다.

② AB(㉠)와 BD(㉡) 사이에서 나올 수 있는 자손은 AB, AD, BB, BD이다. 이 중에서 단 1가지만이 AB와 표현형이 같아야 하므로, AD, BB, BD는 모두 AB와 표현형이 달라야 한다. AB는 표현형이 B인 BB와 표현형이 달라야 하므로 $A > B$ 이고, AD는 표현형이 A인 AB와 표현형이 달라야 하므로 $D > A$ 이다. 따라서 (가)의 우열 관계는 $D > A > B$ 이다.

- 가. (가)에 대한 표현형은 ㉠(AB)이 A, ㉡(BD)이 D로, 서로 다르다. (x)
- 나. (가)와 (나)의 유전자는 모두 독립이므로, ㉠(ABEeFfGg)에서 생성될 수 있는 생식 세포의 유전자형은 16가지이다. (○)
- 다. AAEeFFGg인 아버지와 BDeeffgg인 어머니 사이에서 태어난 아이에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 A와 D의 2가지, (나)의 표현형은 부모의 (나)에 대한 유전자형에서 이형 접합이 총 2개이므로 3가지이다. (정확히는 (1), (2), (3)의 3가지이다.) 따라서 이 아이에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형은 최대 6가지이다. (○)

3. 2021년 7월 교육청 모의고사 16번 (답: 가)

- ① P와 Q는 모두 AaBb이므로, 즉 P와 Q의 ㉠에 대한 유전자형에서 이형 접합이 총 4개이므로, ㉡에게서 나타날 수 있는 ㉠의 표현형은 5가지이다. 따라서 ㉢에게서 나타날 수 있는 ㉡의 표현형은 4가지이다.
- ② ㉡에 대해서, P(EF)와 Q(EG) 사이에서 나올 수 있는 자손은 EE, EG, FE, FG인데, 이 4가지의 표현형이 모두 달라야 한다.

- 가. ㉠의 유전은 다인자 유전이다. (○)
- 나. EF와 FG의 표현형은 서로 다르다. (x)
- 다. ㉢의 ㉠의 표현형이 P(AaBb)와 같은 (2)일 확률은 ${}_2C_2/2^4$, 즉 3/8이고, ㉡의 표현형이 P(EF)와 같은 확률은 1/4이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 곱한 3/32이다. (x)

4. 2022년 3월 교육청 모의고사 16번 (답: 가 나)

- ① P는 Dd, E㉠이고 Q는 DD, ㉠e이므로 ㉠이 E든, ㉠이 e든, 부모의 유전자형에서 이형 접합은 총 2개이다.
- ② 부모의 이형 접합이 총 2개이므로 문제의 확률 1/4은 ${}_2C_0/2^2$ 또는 ${}_2C_2/2^2$ 로 표현되어야 한다. 그런데 DdEe인 사람과 표현형이 같은 확률, 즉 (2)일 확률이 ${}_2C_0/2^2$ 또는 ${}_2C_2/2^2$ 이려면, 이미 DD가 1개 있으므로, ㉠이 E이면서 1/4은 ${}_2C_0/2^2$ 으로 표현되어야 한다.

- 가. (가)는 다인자 유전 형질이다. (○)
- 나. ㉠은 E이다. (○)
- 다. P가 DdEe이고 Q가 DDEe이므로, ㉡의 (가)의 표현형이 P와 같은 (3)일 확률은 ${}_2C_1/2^2$, 즉 1/2이다. (x)

[Part 2]

5. 2019년 7월 교육청 모의고사 11번 (답: 나)

- ① ㉠, ㉡, ㉢은 1과 2가 모두 있으므로 $2n(2)$ 이다. 즉 ㉠은 AABbddEe이고, ㉡은 AaBbDdEE이며, ㉢은 AABBDdEe이다. 이때 ㉠(II의 $2n(2)$)과 ㉡(III의 $2n(2)$)의 (가)의 표현형이 (3)이므로 II와 IV에서도 (가)의 표현형은 (3)이다. 또한 ㉢(V의 $2n(2)$)이 Ee이므로 V의 부모는 각각 EE와 ee 중 하나이다.
- ② ㉡과 ㉢은 핵상이 $2n$ 이면 (가)의 표현형이 (3)이 될 수 없다. 따라서 ㉡과 ㉢의 핵상은 n 이다. 이때 ㉡은 2가 있으므로 $n(2)$ 이고, ㉢은 1이 있으므로 $n(1)$ 이다. 즉 ㉡은 A^ab^bD^dE^e이고, ㉢은 AbDe이다.
- ③ I은 dd인데 V는 DD이므로 I이 아니라 II가 V의 부모이다. 이때 V가 BB여서 II는 B를 갖는데, ㉡(II의 $n(2)$)이 A^ab^bD^dE^e이고, II의 (가)의 표현형은 (3)이며, V의 부모는 EE와 ee 중 하나이므로, II는 AaBbDdEe이다. 따라서 III과 IV 중 V의 부모는 ee여야 하므로, III이 아니라 IV가 V의 부모이다. 이때 V가 BB여서 IV는 B를 갖는데, ㉢(IV의 $n(1)$)이 AbDe이고, IV의 (가)의 표현형은 (3)이므로, IV는 AaBbDdEe이다.

- 가. II와 IV가 교배하여 V가 태어났다. (x)
- 나. II의 (가)와 (나)의 유전자형은 AaBbDdEe이다. (○)
- 다. ㉡은 A^ab^bD^dE^e이고 ㉢은 AaBbDdEe이므로 ㉡, ㉢이 각각 갖는 b의 합은 3이다. 한편 ㉠은 AABbddEe이고 ㉡은 AbDe이므로 ㉠, ㉡이 각각 갖는 d의 합은 2이다. 따라서 구하는 분수 값은 2/3이다. (x)

6. 2020년 7월 교육청 모의고사 10번 (답: 가)

- ※ 해설의 편의를 위해, GG와 같은 대문자 동형 접합을 '대대'로, Gg와 같은 이형 접합을 '대소'로, gg와 같은 소문자 동형 접합을 '소소'로 표현함.
- ① (가)는 e를 갖지 않으므로 E와 e에 대한 유전자형이 EE이다. (가)의 표현형은 (2)이므로, (가)는 aabbddEE이다.
- ② (나)는 e를 갖지 않으므로 E와 e에 대한 유전자형이 EE이다. 그런데 B와 b에 대한 유전자형도 동형 접합이므로, A와 a, D와 d에 대한 유전자형은 이형 접합이어야 한다. (나)의 표현형은 (4)이므로, (나)는 AabbDdEE이다.
- ③ (다)의 B와 b에 대한 유전자형이 동형 접합이므로, A와 a, D와 d, E와 e에 대한 유전자형은 이형 접합이어야 한다. (다)의 표현형은 (3)이므로, (다)의 유전자형은 AabbDdEe이다.
- ④ (라)는 표현형이 (7)인데, e를 가지므로 (라)는 AABBDdEe이다.
- ⑤ (마)의 표현형은 (5)인데, 동형 접합은 3개이다. 그렇게 되려면 4개의 대립 유전자 쌍 중 '대대'가 2개, '대소'가 1개, '소소'가 1개여야 한다.
- ⑥ (마)에서 '대대'가 2개여야 하므로 '소소'가 3개인 (가)는 (마)의 부모가 될 수 없다. 또한 (나)와 (다)는 bb인데 (라)는 BB이므로, (라)가 (마)의 부모이면 (마)는 Bb가 되어야 하는데, 이는 문제의 조건에 맞지 않으므로 (라)는 (마)의 부모가 될 수 없다. 따라서 (나)와 (다)가 (마)의 부모이다.

7. (마)의 부모는 (나)와 (다)이다. (○)
 나. (가)에서 생성될 수 있는 생식 세포의 ⑦에 대한 유전자형은 abdE의 1가지이다. (x)
 다. (나)는 AabbDdEe이고, (다)는 AabbDdEe이다. (나)는 b와 E를, (다)는 b를 자손에게 무조건 물려주므로, (마)의 표현형이 (나)와 같은 (4)가 될 확률은 ${}_5C_3/2^5$, 즉 5/16이다. (x)

7. 2022학년도 9월 평가원 모의고사 15번 (답: 10)

- ① ③의 표현형은 유전자형이 AABBDEE인 사람과 같을 수 있으므로, P와 Q 각각은 ③에게 A, B, D, E를 줄 수 있어야 한다. 따라서 P와 Q는 모두 A, B, D, E를 가진다. 이 때 P와 Q의 (나)의 표현형은 서로 다르므로 P와 Q 중 한 명은 EE이고, 한 명은 Ee이다.
 ② ③의 (나)의 표현형이 P와 같을 확률은 P가 EE든, Ee든, 1/2이다. 따라서 ③의 (가)의 표현형이 P와 같을 확률은 3/8이다.

③ P와 Q의 (가)의 표현형은 같은데, P와 Q 모두 A, B, D를 가지므로, P와 Q 각각의 (가)에 대한 유전자형에서 이형 접합 개수는 서로 같아야 한다. 즉, ③의 부모의 (가)에 대한 유전자형에서 이형 접합의 수는 짝수이다. 따라서 3/8의 분모는 2의 짝수 제곱, 즉 2^{2n} (n은 2 또는 3), 분자는 ${}_n C_k$ (k는 0 이상 2n 이하의 자연수)의 형태로 표현되어야 한다. 이를 만족하는 n은 2이고, k는 2이다. 즉, ③의 부모의 (가)에 대한 유전자형에서 이형 접합은 총 4개이다.

④ ③의 부모의 (가)에 대한 유전자형에서 이형 접합은 총 4개이므로 ③에게서 나타날 수 있는 (가)의 표현형은 5가지, ③의 부모가 EE와 Ee이므로 ③에게서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 2가지이다. 따라서 ③에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 10가지이다.

4. 여러 가지 유전 <연관> - ② 단일 인자 유전의 연관

[Part 1]

1. 2018학년도 9월 평가원 모의고사 11번 (답: 3/8)

- ① 암컷과 수컷에서 유전자형에 따른 뿔의 유무를 나타낸 표를 관찰하면, B는 '뿔 있음' 유전자, B*는 '뿔 없음' 유전자이고, 수컷에서는 B가 B*에 대해서 우성, 암컷에서는 B*가 B에 대해서 우성이라는 것을 알 수 있다.
 ② ⑦은 뿔이 있는 암컷이므로 BB이다. 그런데 ⑦은 긴 꼬리 암컷이므로 부모 중 적어도 한 개체는 A와 B가 연관된 유전자를 갖는다. 즉 부모 중 적어도 한 개체는 $\frac{A}{B} || \frac{a}{B^*}$ 이다.

③ ①은 짧은 꼬리 수컷이므로 aa이다. 그런데 ①은 뿔이 있는 수컷이므로 부모 중 적어도 한 개체는 a와 B가 연관된 유전자를 갖는다. 즉 부모 중 적어도 한 개체는 $\frac{A}{B^*} || \frac{a}{B}$ 이다. 따라서 부모 중 한 개체는 $\frac{A}{B^*} || \frac{a}{B^*}$ 이고, 나머지 한 개체는 $\frac{A}{B^*} || \frac{a}{B}$ 이며, ⑦은 $\frac{A}{B} || \frac{a}{B}$ 이고, ②은 $\frac{a}{B} || \frac{a}{B^*}$ 이다.

④ ⑦과 ② 사이에서 긴 꼬리와 뿔을 가지는 수컷이 나올 확률은 수컷이 나올 확률 1/2에, ⑦이 자손에게 $\frac{A}{B}$ 를 물려줄 확률 1/2을 곱한 1/4이다. 한편, 긴 꼬리와 뿔을 가지는 암컷이 나올 확률은 암컷이 나올 확률 1/2에, ⑦이 자손에게 $\frac{A}{B}$ 를 물려줄 확률 1/2, ②이 자손에게 $\frac{a}{B}$ 를 물려줄 확률 1/2을 모두 곱한 1/8이다. 따라서 구하는 확률은 두 확률을 더한 3/8이다.

[Part 2]

2. 2022학년도 수능 16번 (답: ㄱ)

※ 해설의 편의를 위해, 아래 도수분포표에서 '㉠에서 ㉡~㉢ 중 n개의 표현형이 부모와 같을 때'를 [n]으로 표시하였다. 또한 '㉠의 ㉡~㉢의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 때'를 ○, 그 외의 경우를 x로 표현하였다.

① ㉡의 우열 관계는 $A > a$ 또는 $A = a$ 이고, ㉢의 우열 관계는 $B > b$ 또는 $B = b$ 이다. 또한 DE와 EE의 표현형이 같고 DF와 FF의 표현형이 같으며 ㉢의 표현형은 4가지이므로 ㉢의 우열 관계는 $E = F > D$ 이다.

② P는 Aa이고, Q는 P와 ㉡의 표현형이 같으므로, ㉡의 우열 관계가 $A > a$ 이면 Q는 AA 또는 Aa이고, ㉡의 우열 관계가 $A = a$ 이면 Q는 Aa이다. 또한 P는 Bb이고, Q는 P와 ㉢의 표현형이 같으므로, ㉢의 우열 관계가 $B > b$ 이면 Q는 BB 또는 Bb이고, ㉢의 우열 관계가 $B = b$ 이면 Q는 Bb이다. 또한 P는 FD이고, Q는 P와 ㉢의 표현형이 같으므로, Q는 FF 또는 FD이다.

③ 만약 Q가 FF라면, ㉠의 ㉢의 표현형은 무조건 부모와 같다. 이 경우 ㉠의 ㉡과 ㉢의 표현형이 모두 부모와 다를 확률이 3/8이 되어야 한다. 3/8은 3/4과 1/2의 곱으로 표현되는데, 완전 우성 유전이든 중간 유전이든, 표현형이 부모와 모두 다를 확률이 3/4이 될 수는 없다. 따라서 Q는 FD이다.

④ 만약 $B > b$ 이고 Q가 BB라면, ㉠의 ㉢의 표현형은 무조건 부모와 같다. 이 경우 ㉠의 ㉡과 ㉢의 표현형이 모두 부모와 다를 확률이 3/8이 되어야 한다. 이는 ㉡과 ㉢의 유전자가 연관되어 있으므로 불가능하다.

⑤ $B > b$ 이고 Q가 Bb인 경우는 위의 ③~④ 과정처럼 머리로 간단히 해결할 수 없기 때문에, 도수분포표를 그려 보아야 한다. ㉡은 일단 무시하고 그려보자.

		형질	㉢	
		비율	3	1
형질	비율		[1]	[0]
㉢	1	[1](FF)	가	마
	1	[1](FD)	나	바
	1	[1](DF)	다	사
	1	[0](DD)	라	아

가~마는 ㉡을 빼고도 이미 [2]이므로 x이다. 그런데 ○일 확률이 6/16이어야 하므로, 라는 ○이다. 라가 ○라는 것은 라는 [1]이라는 의미이고, 이는 DD일 때 ㉠의 ㉡의 표현형이 부모와 다르다는 의미이므로, 마는 [0]이 되어서 x이다. 즉 ○일 확률이 6/16이라면 마~사는 모두 ○가 되어야 한다. 다시 말해 마~사는 모두 [1]이 되어야 하므로, FF, FD, DF일 때 ㉠의 ㉡의 표현형은 모두 부모와 다르다. 그런데 부모의 ㉡의 표현형이 서로 같으므로, ㉡이 완전 우성 유전이든 중간 유전이든, DD, FF, FD, DF일 때 ㉠의 ㉡의 표현형이 모두 부모와 다를 수는 없어서 모순이다. 따라서 $B = b$ 이고, Q는 Bb이다.

⑥ ㉡을 무시하고 다시 한 번 도수분포표를 그려보자.

		형질	㉢	
		비율	1	1
형질	비율		[1]	[0]
㉢	1	[1](FF)	가	마
	1	[1](FD)	나	바
	1	[1](DF)	다	사
	1	[0](DD)	라	아

가~마는 ㉡을 빼고도 이미 [2]이므로 x이다. 또한 DD일 때 ㉠의 ㉡의 표현형이 부모와 같으면 라가 [2], 마가 [1]이고, 부모와 다르면 라가 [1], 마가 [0]이므로 라와 마 중 하나는 ○이고 하나는 x이다. 즉 ○일 확률이 3/8이 되기 위해서, 마~사 중 2개는 ○, 1개는 x여야 한다. 다시 말해 마~사 중 2개는 [1], 1개는 [2]가 되어야 하므로, FF, FD, DF 중 ㉠의 ㉡의 표현형이 부모와 같은 것은 1개뿐이다. 부모의 ㉡의 표현형이 서로 같다는 것을 고려할 때, $A > a$ 인 경우에는 이러한 결과가 나올 수 없다. 따라서 $A = a$ 이고, Q는 Aa이다.

⑦ P가 Aa이므로, $A = a$ 이고 Q가 Aa인 경우에는 FF, FD, DF, DD 중 ㉠의 ㉡의 표현형이 부모와 같은 것은 2개이다. 그런데 FF, FD, DF 중 ㉠의 ㉡의 표현형이 부모와 같은 것은 1개뿐이므로, DD일 때 ㉠의 ㉡의 표현형이 부모와 같아야 한다. P에서 A와 D가 연관되어 있으므로, Q에서는 a와 D가 연관되어 있어야 한다. 따라서 Q는 $\frac{A}{F} \parallel \frac{a}{D}$, Bb이다.

ㄱ. ㉢의 우열 관계는 $B = b$ 이므로, ㉢의 표현형은 BB인 사람과 Bb인 사람이 서로 다르다. (○)

ㄴ. Q는 $\frac{A}{F} \parallel \frac{a}{D}$, Bb이므로, Q에서 A, B, D를 모두 갖는 정자는 형성될 수 없다. (x)

ㄷ. P는 $\frac{A}{F} \parallel \frac{a}{D}$, Bb이고, Q는 $\frac{A}{F} \parallel \frac{a}{D}$, Bb이므로, ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉡과 ㉢의 표현형은 4가지이고, ㉢의 표현형은 3가지이다. 따라서 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 12가지이다. (○)

3. 2023학년도 수능 9번 (답: 3/4)

① 3/16은 3/4과 1/4의 곱으로 표현된다. 그런데 (라)는 완전 우성 유전이므로 ㉠의 (라)의 표현형이 부모와 같은 우성일 확률이 1/4이 될 수는 없다. 따라서 ㉠의 (라)의 표현형이 우성일 확률은 3/4이고, 부모는 모두 Ee이다. 자동으로 ㉠의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성일 확률은 1/4이 된다.

② 부모는 모두 우성이므로 A, B, D를 갖는다. 그런데 부모 중 A, B, D가 연관된 염색체를 가지는 사람이 있다면 ㉠의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성일 확률은 최소 1/2이다. 따라서 부모는 모두 A, B, D 중 2개가 연관된 염색체를 갖는다. 나머지 1개의 유전자는 이 염색체의 상동 염색체에 있어야 한다.

③ 아버지가 A, B가 연관된 염색체를 갖는다고 하자. 즉 아버지는 (ABd)/(??D)이다. 이때 어머니가 DD라면 ㉠의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성일 확률은 최소 1/2이므로, 어머니는 (??D)/(??d)이다.

④ 아버지의 (ABd)와 어머니의 (??D)가 만났을 때만 ㉠의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성이고, 나머지 경우에는 그렇지 않아야 한다. 어머니도 A와 B를 모두 가져야 하는데, 어머니가 (ABD)를 가질 수는 없고, (ABd)를 가지면 아버지의 (??D)와 만났을 때 ㉠의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성이 되므로 모순이다. 따라서 어머니는 Aa, Bb이며, A와 B는 연관되어 있지 않다.

⑤ 어머니가 A, D가 연관된 염색체를 갖는다고 하자. (아버지가 A, B가 연관된 염색체를 갖는다고 설정한 후 A와 B를 구분하지 않았으므로, 위와 같이 설정해도 일반성을 잃지 않는다.) 즉 어머니는 (AbD)/(aBd)이다. 이때 어머니의 (AbD), (aBd)와 아버지의 (??D)가 만났을 때 ㉠의 (가)~(다)의 표현형이 모두 우성이 되지 않으려면, 아버지는 (abd)를 가져야 한다. 즉 아버지는 (ABd)/(abd)이다.

⑥ 아버지는 (ABd)/(abd), Ee이고, 어머니는 (AbD)/(aBd), Ee이다. 전개해보면, ㉠의 (가)~(다)의 유전자형 중 이형 접합성인 유전자형이 2개일 확률이 1/2, 1개일 확률도 1/2이다. 또한 ㉠의 (라)의 유전자형이 이형 접합성일 확률이 1/2, 동형 접합성일 확률도 1/2이다. 따라서 ㉠의 (가)~(다)의 유전자형 중 이형 접합성인 유전자형이 1개이고 (라)의 유전자형이 동형 접합성일 때를 제외하면 모두 ㉠이 (가)~(라) 중 적어도 2가지 형질의 유전자형을 이형 접합성으로 가지므로, 구하는 확률은 1에서 1/2 x 1/2을 뺀 3/4이다.

※ 위의 ⑥ 과정을 도수분포표를 그려 해결할 수도 있다. ㉠의 (가)~(라)의 유전자형에서 이형 접합성인 유전자형이 n개일 때를 [n]이라 하자.

		형질	(라)	
		비율	1	1
형질	비율		[1]	[0]
(가)~(다)	1	[2]	㉠	㉡
	1	[1]	㉢	㉣

→ 문제에서 구하는 확률은 ㉠, ㉢, ㉣에 해당될 때의 확률이므로, 구하는 확률은 3/4이다.

4. 여러 가지 유전 <연관> - ③ 다인자 유전의 연관

[Part 1]

1. 2017학년도 수능 14번 (답: 1/4)

① (가)의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이다. EG와 EE의 표현형이 같고 FG와 FF의 표현형이 같으며 (나)의 표현형이 4가지이므로 (나)의 우열 관계는 E = F > G 이다.

② ㉠의 부모가 모두 AaBbDdEF이므로, ㉠에서 나타날 수 있는 (나)의 표현형은 3가지이다. 따라서 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형도 3가지이다.

③ ㉠의 부모는 모두 AaBbDd이므로, 각각 2¹⁰, 1¹⁰ 또는 1¹¹, 1¹⁰ 이다. 그런데 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형이 3가지이려면, 부모의 기본 부정형이 2¹⁰, 2¹⁰ 또는 1¹⁰, 1¹⁰ 이어야 하므로, 부모는 모두 1¹¹, 1¹⁰ 이다.

④ ㉠의 부모가 모두 1¹¹, 1¹⁰ 이므로 ㉠에서 나타날 수 있는 (가)의 표현형과 그 비율은 (4) : (3) : (2) = 1 : 2 : 1 이다. 따라서 ㉠의 (가)의 표현형이 부모와 같은 (3)일 확률은 1/2, (나)의 표현형이 부모와 같은 EF일 확률도 1/2이므로, 구하는 확률은 두 확률을 곱한 1/4이다.

2. 2020년 10월 교육청 모의고사 16번 (답: ㄱ ㄴ ㄷ)

① III은 표현형이 (6)이므로 AABBDD이다. 따라서 I과 II는 모두 A, B, D를 갖는다. I은 표현형이 (3)이므로 AaBbDd이다.

② II에서 a, b, D를 모두 가지는 난자가 형성될 수 있으므로, II는 a와 b를 모두 가져야 한다. II는 표현형이 (4)이므로 AaBbDD이다. 이때 a와 b가 독립이라면 II에서 형성된 난자가 a, b, D를 모두 가질 확률은 1/4이 되므로 a와 b는 연관되어 있다. 즉, A와 a, B와 b는 9번 염색체에 있고, D와 d는 7번 염색체에 있다. 따라서 II는 $\frac{A}{B}||\frac{a}{b}$, DD이고, III은 $\frac{A}{B}||\frac{A}{B}$, DD이며, III이 $\frac{A}{B}||\frac{A}{B}$ 이므로 I은 $\frac{A}{B}||\frac{a}{b}$, Dd이다.

ㄱ. III에서 A와 B는 모두 9번 염색체에 있다. (○)

ㄴ. I은 2¹⁰, 1¹⁰, II는 2¹⁰, 1¹¹ 이다. 이를 통해 자손에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율을 구하면 (6) : (5) : (4) : (3) : (2) : (1) = 1 : 1 : 2 : 2 : 1 : 1 이다. 따라서 ㉠은 6이다. (○)

ㄷ. 자손의 표현형이 (5)일 확률은 위의 계산 결과를 참고하면, 1/8이다. 따라서 ㉡은 1/8이다. (○)

[Part 2]

3. 2018학년도 수능 15번 (답: ㄱ)

① ㉔의 부모는 모두 AaBbDd이므로, 만약 ㉕의 연관/독립 상태가 3연관이면 ㉔의 부모는 3:0 또는 2:1 이고, ㉕의 연관/독립 상태가 2연관 1독립이면 ㉔의 부모는 2:0, 1:0 또는 1:1, 1:0 이며, ㉕의 연관/독립 상태가 3독립이면 ㉔의 부모는 모두 1:0, 1:0, 1:0 이다. 이는 ㉔도 마찬가지이다.

② ㉔에게서 나타날 수 있는 ㉕의 표현형이 4가지려면, ㉔의 부모는 3:0 과 2:1 이어야 한다. 다른 조합에서는 ㉔의 ㉕의 표현형이 4가지일 수 없다. 즉 ㉕의 연관/독립 상태는 3연관이다.

③ ㉔에게서 나타날 수 있는 ㉔의 표현형이 7가지려면, ㉔의 부모는 모두 2:0, 1:0 이거나, 모두 1:0, 1:0, 1:0 이어야 한다. 이때 ㉔에서 eeffgg일 확률이 1/16이어야 하는데, ㉔의 부모가 모두 1:0, 1:0, 1:0 일 때 ㉔에서 eeffgg일 확률은 1/64이므로, ㉔의 부모는 모두 2:0, 1:0 이다. 즉 ㉔의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이다.

ㄱ. ㉔의 부모 중 한 사람은 ㉕에 대해서 3:0 이므로, A, B, D가 연관된 염색체를 갖는다. (○)

ㄴ. ㉔의 연관/독립 상태가 2연관 1독립이므로, ㉔을 결정하는 유전자는 서로 다른 2개의 상염색체에 있다. (x)

ㄷ. ㉕에 대해서 ㉔의 부모는 3:0 과 2:1 이므로, 자손에게서 나타날 수 있는 ㉕의 표현형과 그 비율은 (5) : (4) : (2) : (1) = 1 : 1 : 1 : 1 이다. 또한 ㉔에 대해서 ㉔의 부모는 모두 2:0, 1:0 이므로, 자손에게서 나타날 수 있는 ㉔의 표현형과 그 비율은 (6) : (5) : (4) : (3) : (2) : (1) : (0) = 1 : 2 : 3 : 4 : 3 : 2 : 1 이다. ㉔의 부모는 ㉕과 ㉔의 표현형이 모두 (3)이므로, 구하는 확률은 1과 3/4을 곱한 3/4이다. (○)

4. 2019년 10월 교육청 모의고사 17번 (답: 1/8)

① ㉕의 연관/독립 상태는 3연관 1독립이고, ㉔와 ㉕는 모두 AaBbDdEe이므로, ㉔와 ㉕ 각각은 3:0, 1:0 또는 2:1, 1:0 이다. 또한 ㉔의 유전자와 ㉕의 유전자는 연관되어 있고 ㉔와 ㉕는 모두 FfGg이므로, ㉔와 ㉕ 각각은 $F_G || G_f$ 또는 $F_g || G_f$ 이다.

② ㉔와 ㉕ 사이에서 태어난 아이에게서 나타날 수 있는 ㉕의 표현형은 아무리 많아도 9가지이므로, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉕~㉔의 표현형이 28가지이려면, 이 아이에게서 나타날 수 있는 ㉕의 표현형은 7가지, ㉔, ㉕의 표현형은 4가지여야 한다. 그렇게 되려면 ㉔와 ㉕ 중 한 개체는 3:0, 1:0 이고, 나머지 한 개체는 2:1, 1:0 이며, ㉔와 ㉕ 중 한 개체는 $F_G || G_f$ 이고, 나머지 한 개체는 $F_g || G_f$ 여야만 한다.

③ ㉔과 ㉕이 모두 중간 유전자이므로, $F_G || G_f$ 와 $F_g || G_f$ 사이에서 나올 수 있는 자손은 모두 1가지 형질의 표현형만 ㉔(FfGg)와 같다. 따라서 ㉔에서 ㉕~㉔ 중 2가지 형질의 표현형이 ㉔(AaBbDdEeFfGg)와 같으려면, ㉔의 ㉕의 표현형이 ㉔와 같은 (4)여야 한다. ㉔의 부모가 각각 3:0, 1:0 과 2:1, 1:0 이므로, 도수분포표를 이용하면, ㉔의 표현형이 (4)일 확률은 1/8이라는 것을 알 수 있다. 따라서 구하는 확률은 1/8이다.

5. 2022학년도 6월 평가원 모의고사 14번 (답: 1/4)

① (가)의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이고, ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형은 5가지이므로, ㉔의 부모의 기본 부정형은 2:0, 1:0, 1:0 또는 1:0, 1:0, 1:0 이다.

② ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형의 비율은 ㉔의 부모의 기본 부정형이 2:0, 1:0, 1:0 일 때 1 : 2 : 2 : 2 : 1 이고, 1:0, 1:0, 1:0, 1:0 일 때 1 : 4 : 6 : 4 : 1 이다. 2:0, 1:0, 1:0 의 경우 특정 표현형이 나올 확률이 3/8일 수 없으므로, 부모의 기본 부정형은 1:0, 1:0, 1:0, 1:0 이다.

③ ㉔의 유전자형이 AABbDD일 수 있으므로, P를 2:?, 1:?, (7번 염색체, 9번 염색체 순)이라고 하면, Q는 1:?, 1:?, 1:?, 1:?, 1:0 이어야 하고, Q는 1:?, 1:0 이어야 한다. 이때 P와 Q의 표현형은 같으므로, Q는 1:2, 1:0 이 되어야 한다.

④ P와 Q는 각각 2:1, 1:0 과 1:2, 1:0 이다. 따라서 ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율은 (6) : (5) : (4) : (3) : (2) = 1 : 4 : 6 : 4 : 1 이다. 따라서 ㉔가 유전자형이 AaBbDd인 사람과 동일한 표현형을 가질 확률, 즉 ㉔의 표현형이 (3)일 확률은 1/4이다.

6. 2022년 4월 교육청 모의고사 13번 (답: ㄱ)

① (가)의 연관/독립 상태는 2연관 1독립이고, ㉔에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 3가지이므로, ㉔의 부모의 기본 부정형은 2:0, 2:0 또는 1:0, 1:0 이다. 그런데 ㉔가 가질 수 있는 ㉕은 1, 3, 5 중 하나이므로 부모의 기본 부정형은 2:0, 2:0 이다.

② 부모의 기본 부정형만 고려하면 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 (4), (2), (0)이지만, ㉔가 가질 수 있는 ㉕은 1, 3, 5 중 하나이므로 부모에서 자손에게 확정적으로 전달되는 대문자 수는 1이다. 부모의 기본 부정형인 2:0, 2:0 은 모두 부모의 2연관 자리(7번 염색체)에 들어가고, 변형할 수 없다. 따라서 부모의 1독립 자리에 확정형 1:1 과 1:0 이 하나씩 들어가야 하고, P는 d를 가지므로 1:1 이 Q에, 1:0 이 P에 들어가야 한다. 즉 P는 2:0, 1:0 이고, Q는 2:0, 1:1 이다.

- ㄱ. (가)의 유전은 다인자 유전이다. (○)
 ㄴ. P의 ㉠은 2, Q의 ㉡은 4이므로, 구하는 분수 값은 1/2이다. (x)
 ㄷ. ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형과 그 비율은 (5) : (3) : (1) = 1 : 2 : 1 이므로, 구하는 확률은 1/2이다. (x)

4. 여러 가지 유전 <연관> - ④ 단일 인자 유전과 다인자 유전의 연관

[Part 1]

1. 2021학년도 6월 평가원 모의고사 14번 (답: 7)

- ① P는 A(0)|a(1), 2|0 이고, Q는 A(1)|a(0), 1|1 이다. 이를 바탕으로 도수분포표를 그려 보면 다음과 같다.

		1	1
		(3)	(1)
1	AA(1)	AA(4)	AA(2)
1	Aa(2)	Aa(5)	Aa(3)
1	Aa(0)	Aa(3)	Aa(1)
1	aa(1)	aa(4)	aa(2)

- ② 따라서 P와 Q 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 7가지이다.

2. 2021년 4월 교육청 모의고사 16번 (답: 1/4)

- ① P는 1|0, H(1)|H*(0) 이고, Q는 1|1, H(1)|H*(0) 이다. 이를 바탕으로 도수분포표를 그려 보면 다음과 같다.

		1	1
		(2)	(1)
1	HH(2)	HH(4)	HH(3)
2	HH*(1)	HH*(3)	HH*(2)
1	H*H*(0)	H*H*(2)	H*H*(1)

- ② ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형이 6가지이려면, 위 표의 HH(4), HH(3), HH*(3), HH*(2), H*H*(2), H*H*(1)의 표현형이 모두 달라야 한다. 즉, ㉠의 우열 관계는 H = H* 이다.
 ③ ㉢에서 ㉠과 ㉡의 표현형이 모두 Q와 같은 HH*(3)일 확률은 위 도수분포표를 참고하면, 1/4이다.

[Part 2]

3. 2018학년도 9월 평가원 모의고사 17번 (답: 7)

* 해설의 편의를 위해, A/a와 B/b가 연관되어 있는 염색체를 1번 염색체, D/d와 E/e가 연관되어 있는 염색체를 2번 염색체라고 표현함.

- ① P는 A(0)|a(1), 2|0 이고, Q의 표현형은 P와 같은 Aa(3)이다.
 ② 부모의 2번 염색체 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형 가짓수를 x라고 하자. ㉢의 부모가 모두 Aa이므로, ㉢가 AA일 때와 aa일 때 ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x이고, ㉢가 Aa일 때 ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x~2x이다. 그런데 ㉢에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형이 최대 10가지이므로, 이를 만족하는 x는 3뿐이다. 즉 ㉢가 AA일 때와 aa일 때 ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형은 3가지, ㉢가 Aa일 때 ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형은 4가지이다.

- ③ x가 3이므로 부모의 2번 염색체의 기본 부정형은 2|0, 2|0 또는 1|0, 1|0 이다. 그런데 P의 2번 염색체는 2|0 이므로, Q의 2번 염색체도 2|0 이어야 한다.

- ④ Q의 표현형은 Aa(3)이므로, Q의 1번 염색체는 A(1)|a(0) 또는 A(0)|a(1) 이다. 그런데 P의 1번 염색체는 A(0)|a(1) 이므로, ㉢가 Aa일 때 ㉢에게서 나타날 수 있는 표현형이 4가지이려면 Q는 A(1)|a(0)이어야 한다.

ㄱ. (나)의 유전은 다인자 유전이다. (○)

ㄴ. Q는 A(1)|a(0) 이므로 A와 B, a와 b가 연관되었다. (x)

ㄷ. P는 A(0)|a(1), 2|0 이고 Q는 A(1)|a(0), 2|0 이므로 ㉢의 표현형은 부모와 같은 Aa(3)이 될 수 없다. 따라서 구하는 확률은 0이다. (x)

4. 2020학년도 9월 평가원 모의고사 14번 (답: 1/4)

- ① ③의 부모가 모두 Ee이므로, 만약 E/e가 독립이라면 ②에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 2의 배수여야 한다. 그런데 ②에게서 나타날 수 있는 표현형은 11가지이므로, E/e는 독립이 아니고, 한 쌍의 다인자 유전자와 연관되어 있어야 한다.
- ② D/d와 E/e가 연관되어 있다고 하자. ②는 aabbddeE 일 수 있으므로, ②의 부모는 모두 Aa, Bb, $\frac{D}{E}||\frac{d}{e}$ 이다. 이를 바탕으로 A/a와 B/b를 묶어서 도수분포표를 그려보면 다음과 같다. 표현형이 부모와 같은 E_(3)인 지점은 ○, 그 외의 지점은 x로 표시하였다.

		1	4	6	4	1
		(4)	(3)	(2)	(1)	(0)
1	E_(2)	x	x	x	○	x
2	E_(1)	x	x	○	x	x
1	ee(0)	x	x	x	x	x

③ 따라서 문제에서 구하는 확률은 16/64, 즉 1/4이다.

5. 2021년 10월 교육청 모의고사 15번 (답: 6)

- ① ③의 부모가 모두 Ee이므로, 만약 E/e가 독립이라면 ②에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 3의 배수여야 한다. 그런데 ②에게서 나타날 수 있는 표현형은 4가지이므로, E/e는 독립이 아니고, A/a, B/b, D/d 중 적어도 한 쌍의 대립 유전자는 E/e와 연관되어 있어야 한다.
- ② 편의상 E/e와 다인자 유전을 하는 유전자가 연관되어 있는 염색체를 1번 염색체, 다인자 유전을 하는 유전자끼리만 연관되어 있는 염색체를 2번 염색체라고 하자. 이때 부모의 2번 염색체 사이에서 나올 수 있는 자손의 표현형 가짓수를 x라고 하자. ②의 부모가 모두 Ee이므로, 자손이 EE일 때와 ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x이고, 자손이 Ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형의 가짓수는 x~2x이다. 그런데 자손에게서 나타날 수 있는 (가)와 (나)의 표현형이 최대 4가지이므로, 이를 만족하는 x는 1뿐이다. 즉 자손이 EE일 때와 ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 1가지, 자손이 Ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 2가지이다.
- ③ x가 1이므로, 부모의 2번 염색체는 모두 확정형이다. 그런데 부모가 모두 AaBbDd이므로, A/a, B/b, D/d 중 적어도 두 쌍의 대립 유전자는 2번 염색체에 존재해야 한다. 정리하면, A/a, B/b, D/d 중 한 쌍의 대립 유전자는 E/e와 함께 1번 염색체에 존재하고, 나머지 두 쌍의 대립 유전자는 2번 염색체에 존재한다.

- ④ 부모가 모두 AaBbDd이므로, 부모의 2번 염색체는 11이어야 한다. 그런데 ③가 AaBbDd이므로, D/d가 2번 염색체에 존재할 경우, 부모 중 한 명의 2번 염색체가 210이 된다. 따라서 D/d는 1번 염색체에 존재하고, 나머지 2쌍의 대립 유전자인 A/a, B/b는 2번 염색체에 존재한다.
- ⑤ 부모가 모두 DdEe이므로, 부모 각각의 1번 염색체는 E(1)|e(0) 또는 E(0)|e(1) 이다. 자손이 Ee일 때 자손에게서 나타날 수 있는 표현형은 2가지여야 하고, x는 1이므로, 부모 중 한 명은 E(1)|e(0) 이고, 나머지 한 명은 E(0)|e(1) 이다.
- ⑥ ②의 부모 중 한 명은 E(1)|e(0), 111 이고 나머지 한 명은 E(0)|e(1), 111 인데, ②가 AaBbDd이므로 ②는 E(1)|e(1), 111 이다. 한편, AabbDDEe인 남자는 E(1)|e(1), 110 이다. 따라서 이들 사이에서 태어날 수 있는 아이의 표현형은 EE일 때 2가지, Ee일 때 2가지, ee일 때 2가지로, 총 6가지이다.

6. 2022년 10월 교육청 모의고사 16번 (답: 1/8)

- ① FF와 FG의 표현형이 같으므로, F는 G에 대해 우성이다.
- ② ㉠과 ㉡에서 A/a와 B/b를 묶어서 (가)는 표현형 기준으로, (나)는 유전자형 기준으로 도수분포표를 그리면 다음과 같다.

		1	3	3	1
		(4)	(3)	(2)	(1)
1	GG(2)	GG(6)	GG(5)	GG(4)	GG(3)
1	FG(1)	FG(5)	FG(4)	FG(3)	FG(2)
1	EG(1)	EG(5)	EG(4)	EG(3)	EG(2)
1	EF(0)	EF(4)	EF(3)	EF(2)	EF(1)

- ※ 해설의 편의를 위해 표 내부(GG(6)~EF(1))를 채웠지만, 실전에서는 채우지 않아도 무방하다.
- ③ ㉠의 (가)의 표현형은 (3), (나)의 유전자형은 EG이다. 이때 전체 비율은 32(=8×4)인데, 표의 EG(3)이 이미 3의 비율을 차지하므로, 표에서 EG(3)과 표현형이 같은 지점이 더 이상 존재하면 안 된다. 이를 만족하려면 EG와 GG의 표현형이 달라야 하므로, E는 G에 대해 우성이다. 또한 EG와 EF의 표현형도 달라야 하므로, F는 E에 대해 우성이다. 즉 (나)의 우열 관계는 F > E > G 이다.
- ④ ㉡의 표현형은 F(4)이다. 위 표에서 F(4)의 표현형을 가지는 지점은 FG(4)와 EF(4)로 표시된 지점이다. 따라서 문제에서 구하는 확률은 4/32, 즉 1/8이다.